МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

MACHINE BUILDING AND MACHINE SCIENCE



УДК 621.9.006.76–26 DOI 10.12737/22151

Экспериментальные исследования спектров шума и вибрации копировально-фрезерных станков[*]

С. В. Голосной[1], А. Н. Чукарин[2]**

[1] Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

[2] Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Experimental studies on noise and vibration spectra of copy milling machines[***]

S. V. Golosnoy[1], A. N. Chukarin[2]**

[1] Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russian Federation

[2] Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Цель исследований, результаты которых приведены в данной статье, заключалась в изучении закономерностей формирования спектров шума в рабочей зоне операторов копировально-фрезерных станков. Экспериментальные исследования показали, что среди опасных и вредных производственных факторов, характерных для данных станков, наблюдаются превышения октавных уровней звукового давления, достигающие 15 дБ на холостом режиме и до 15 дБ при обработке древесины. Эти данные позволяют предположить, что основным источником шума, создающим превышение над предельно-допустимыми величинами, является узел шпинделя и, в особенности, корпус шпиндельной бабки. Измерения вибрации на несущей системе станков подтвердили результаты измерений шума. Основным источником повышенных уровней вибраций для данных станков являются опоры качения шпинделей.

Ключевые слова: шум, вибрация, рабочая зона, уровни шума, шпиндель, копировально-фрезерный станок

The research objective is to study the development of the noise spectra patterns in the operating area of copy mill operators. The experimental studies have shown that among harmful factors specific to these machines, there is an octave sound pressure level increase up to 15 dB in the idle mode and up to 15 dB under woodworking. These data suggest that the main noise source creating excess over the maximum permissible values is a spindle unit, and in particular, the spindle case. The vibration measurements on the machine carrier system have confirmed the results of the noise monitoring. The main source of the increased vibration levels for these machine tools is spindle rolling-contact bearings.

Keywords: noise, vibration, operating area, noise levels, spindle, copy miller.

Введение. Среди группы фрезерующих деревообрабатывающих станков изучены виброакустические характеристики пильных [1–3], рейсмусовых, фуговальных [4–6] и модельных станков [7–10]. Однако, несмотря на то, что компоновка несущей системы деревообрабатывающих станков во многом идентична, копировально-фрезерные станки имеют существенные отличия, заключающиеся в значительно более высоких частотах вращения шпинделей, а также в их количестве. В частности, частота вращения одношпиндельного станка составляет 12 000 об/мин, а восьмишпиндельного — 10 000 об/мин на каждом шпинделе.

Основная часть. Экспериментальные исследования виброакустических характеристик объектов исследования проводились на холостом ходу и при обработке различных пород древесины. При измерениях уровней звукового давления и вибраций использовался акустический многоканальный измеритель «Экофизика» с использованием предварительного усилителя Р200 №101846, микрофонного капсюля МК-233 №860 при измерениях шума, а при измерениях вибрации — акселерометра трехкомпонентного АР2082М. Поскольку измерение вибрации прибором «Экофизика» возможно только до частоты 1250 Гц, то измерения в седьмой, восьмой и девятой октавах (среднегеометрические частоты 2 000, 4 000, 8 000 Гц соответственно) производились прибором ВШВ-003-М2.

Результаты измерений показали, что у вышеуказанных станков закономерности формирования спектрального состава практически идентичны, а различия имеются только в уровнях спектральных составляющих. Эта закономерность характерна как для холостого режима работы станков, так и при обработке заготовок.

Следует отметить, что разница в уровнях звукового давления у всех трех типов станков на холостом ходу достигает 4–7 дБ, что можно объяснить известной разницей в вибрации подшипников качения опор шпинделей [7]. При обработке заготовок разница в уровнях шума меньше и не превышает 4–4,5 дБ. Поэтому в данной работе приведены

---

[*] Работа выполнена в рамках инициативной НИР.

[**] E-mail: nanorcsm@mail.ru,a.chukarin@inbox.ru

[***] The research is done within the frame of the independent R&D.

данные по максимальным уровням звукового давления и вибрации, т.к. именно для этих ситуаций необходимо разработать инженерные решения по выполнению санитарных норм.

Спектры шума станков при холостом режиме работы приведены на рис. 1 и 2.

Результаты измерений показали, что даже на холостом режиме уровни звукового давления существенно превышают санитарные нормы в широком частотном диапазоне 125–8 000 Гц. Распределение интенсивности звукового излучения в этом диапазоне имеет достаточно равномерный характер. Разница в уровнях звукового давления не превышает 5 дБ (в интервале 125–4 000 Гц) у восьмишпиндельного станка и 2–4 дБ у одношпиндельного.

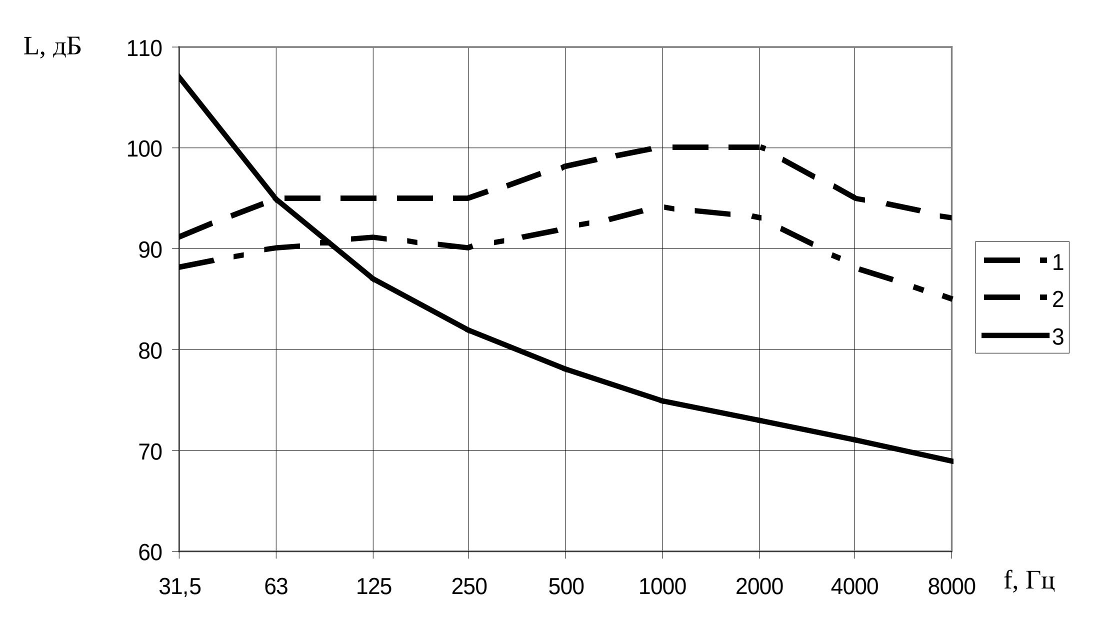


Рис. 1. Спектры шума холостого хода: 1 — восьмишпиндельного станка;
2 — одношпиндельного станка; 3 — предельный спектр

Максимальные значения уровней звукового давления зафиксированы в области частот 500–2 000 Гц. Превышение уровней звукового давления над санитарными нормами составляет 9–28 дБ у восьмишпиндельного станка и 4–20 дБ у одношпиндельного.

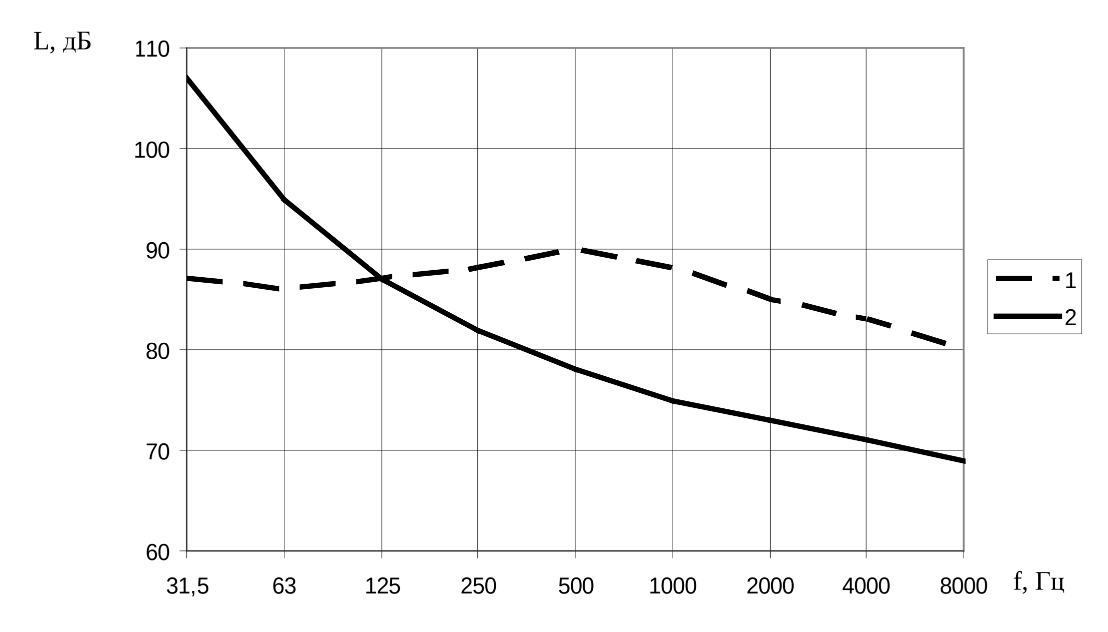


Рис. 2. Спектр шума холостого хода двухшпиндельного станка:
1 — спектр шума; 2 — предельный спектр

Спектр шума холостого хода двухшпиндельного станка, имеющего частоту вращения в 2–3 раза меньше, чем у вышеуказанных (5 900 об/мин), характер спектра иной (рис. 2).

Основное отличие спектрального состава заключается в том, что, начиная с пятой октавы (среднегеометрическая частота 500 Гц), на которой и наблюдается максимальный уровень звукового давления, по мере увеличения частоты, уровни звукового давления уменьшаются. Спад уровней составляет 2–3 дБ на октаву. Уровни звукового давления превышают предельно-допустимые величины в интервале частот 250–8000 Гц и превышения составляют 6–15 дБ.

Спектр вибраций холостого хода шпиндельной бабки показан на примере одношпиндельного станка (рис. 3).

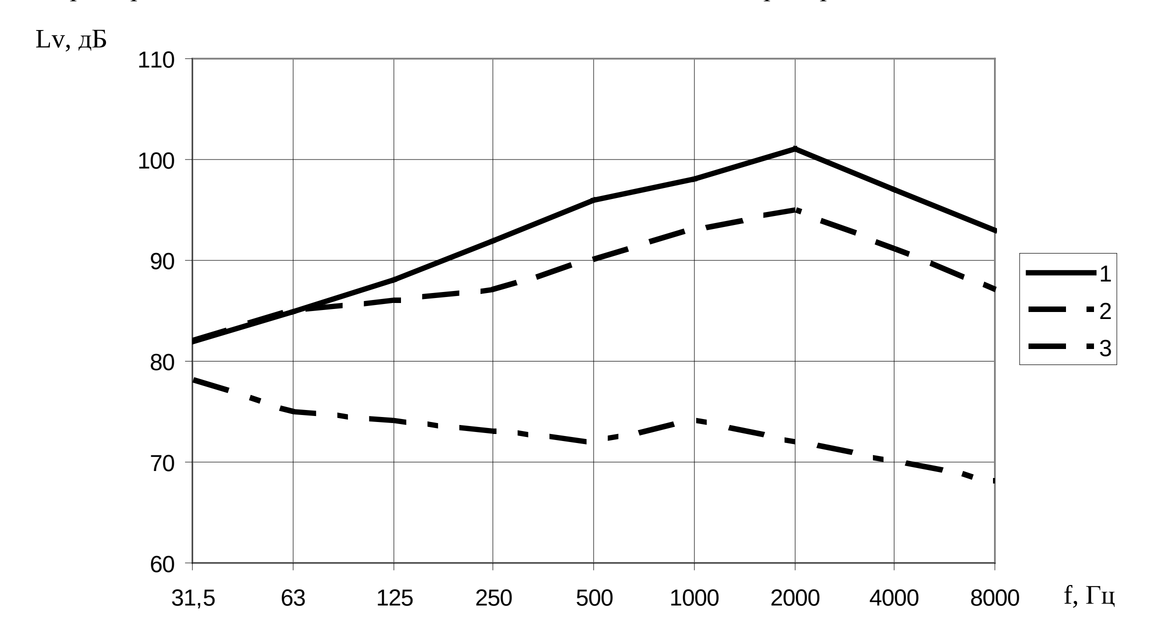


Рис. 3. Спектры вибраций шпиндельной бабки одношпиндельного станка на холостом режиме: 1 — шпиндельной бабки; 2 — станины под шпиндельной бабкой; 3 — стола

Характерными особенностями формирования спектрального состава вибраций шпиндельных бабок является ярко выраженный высокочастотный характер. Действительно, в отличии от универсальных фрезерных, у которых наблюдается уменьшение интенсивности вибраций на частоте выше 1 000 Гц, у копировально-фрезерных станков максимальные уровни виброскорости располагаются в интервале 500–4 000 Гц. Кроме этого, следует отметить спектр вибраций станины, который также носит средне- и высокочастотный состав. Естественно, уровни виброскорости на станине на 5–7 дБ меньше, чем на корпусе шпиндельной бабки. Наиболее «активным» является частотный диапазон 250–2000 Гц. Снижение уровней вибрации по мере удаления от шпиндельной бабки составляет 2–3 дБ на 1 м.

Следует отметить, что спектры вибраций станины и, в особенности, шпиндельной бабки по характеру идентичны спектрам шума. Уровни вибрации стола не превышают 80 дБ и, можно предположить, что в процесс формирования звукового поля в рабочей зоне практически своего вклада не вносят.

Закономерности процесса шумообразования в рабочем режиме идентичны как для различных типов станков, в том числе, и в холостом режиме (рис. 4 и 5).

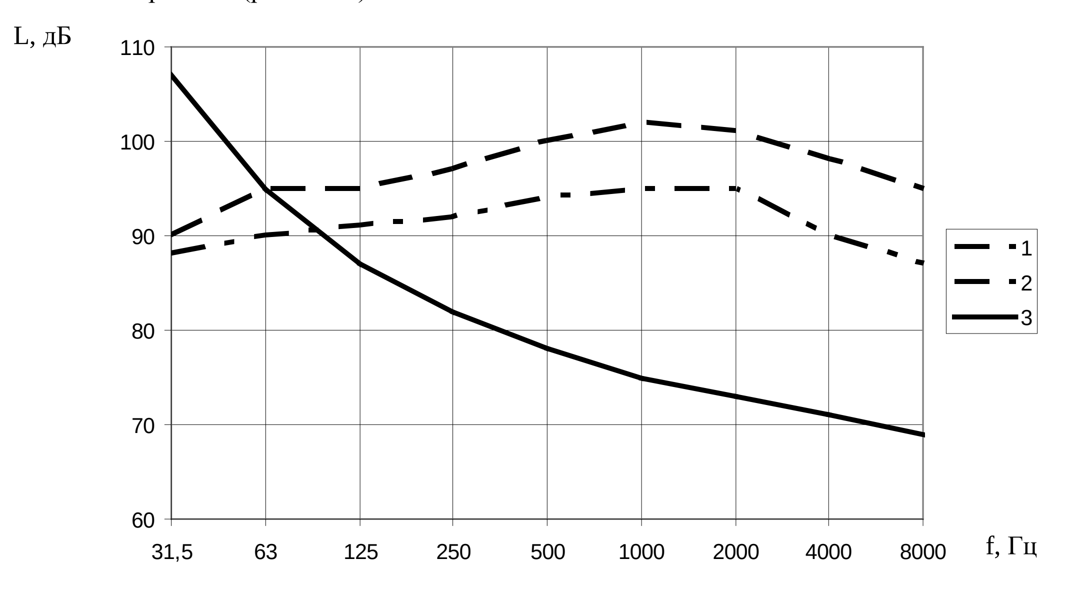


Рис. 4. Спектры шума станков в рабочем режиме: 1 — восьмишпиндельного; 2 — одношпиндельного; 3 — предельный спектр

Фактически изменения в спектре связаны с увеличением интенсивности. Уровни шума в рабочем режиме увеличиваются на 2–4 дБ, что объясняется воздействием силового возмущения от процесса резания и звукового излучения режущего инструмента.

Аналогичная картина наблюдается и на двухшпиндельном станке (рис. 5). Увеличение уровней звукового давления также составляет 2–3,5 дБ.

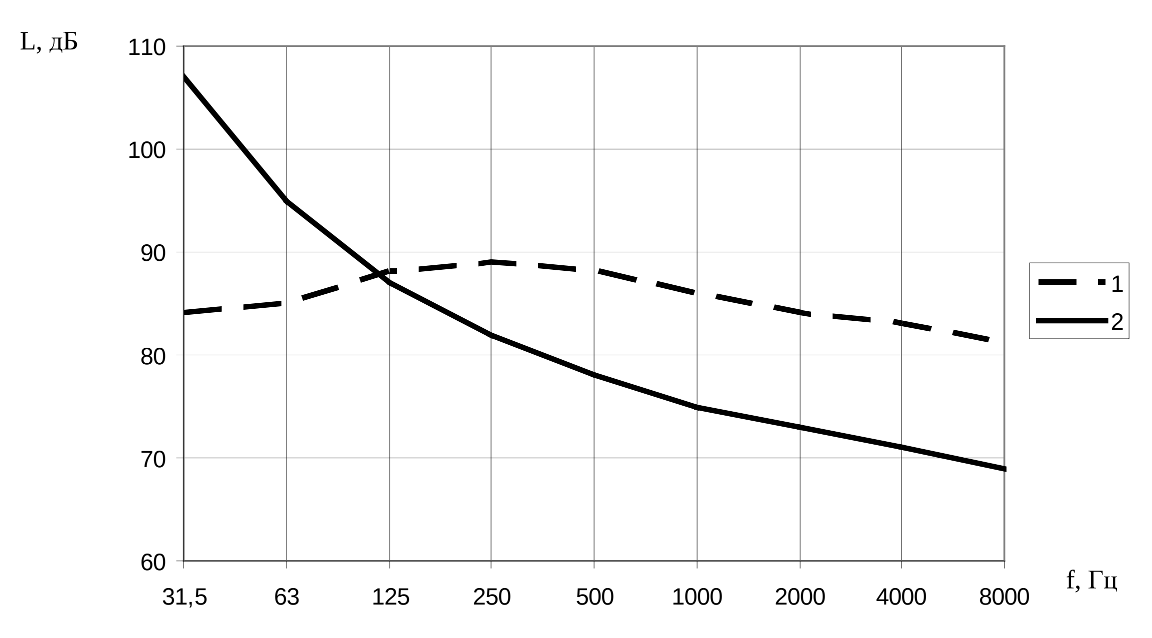


Рис. 5. Спектр шума станка Ф2К-2 в рабочем режиме: 1 — спектр шума;
2 — предельный спектр

Измерения вибраций несущей системы станков в рабочем режиме приведены на рис. 6–8.

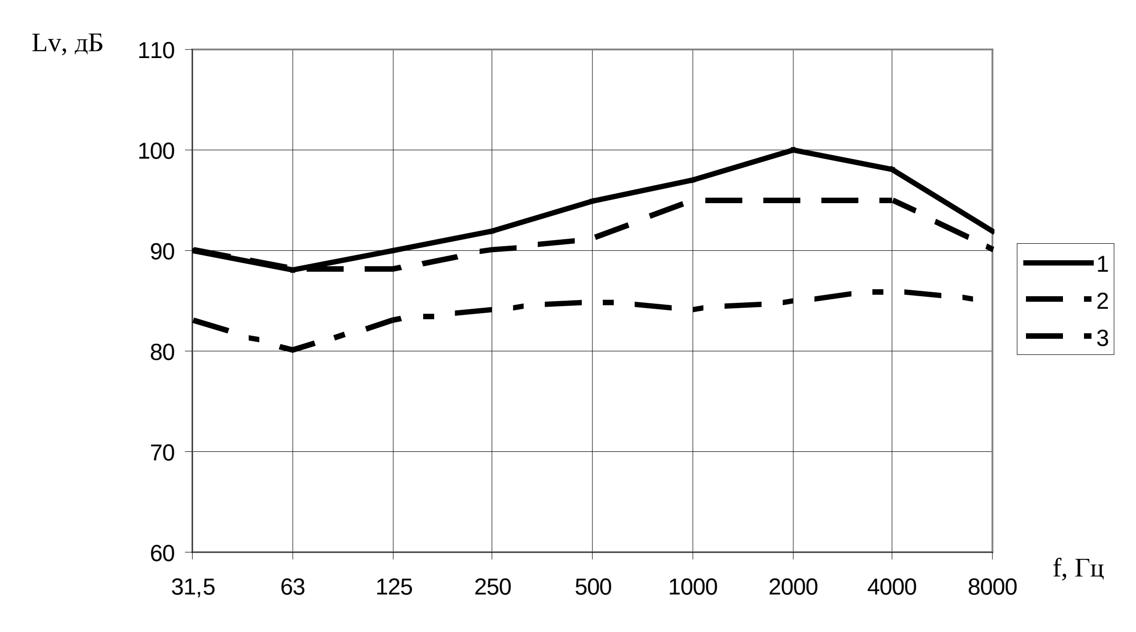


Рис. 6. Спектры вибраций восьмишпиндельного станка: 1— шпиндельной бабки;
2 — станины под шпиндельной бабкой; 3 — стола

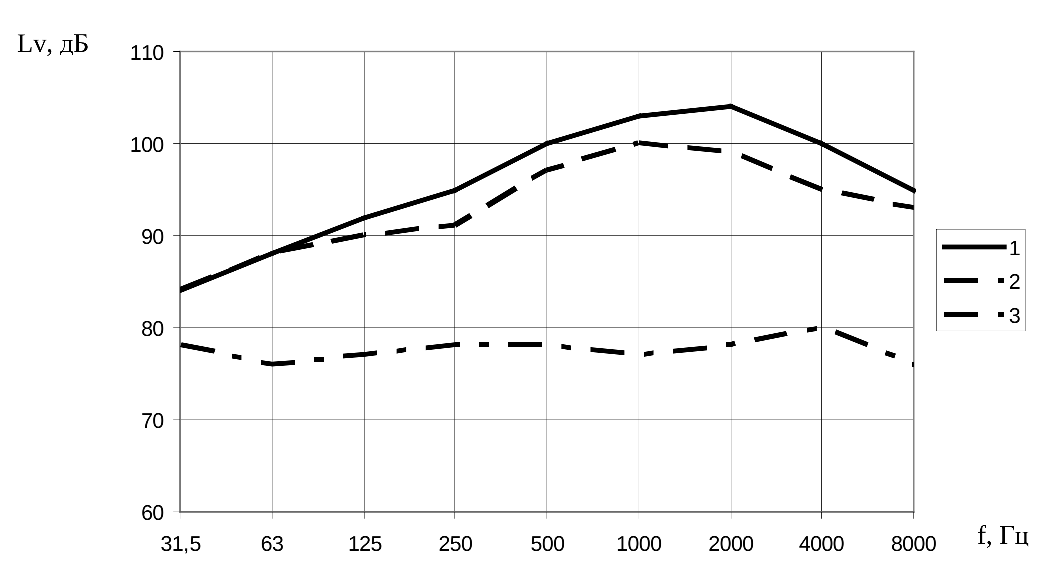


Рис. 7. Спектры вибраций одношпиндельного станка: 1 — шпиндельной бабки; 2 — станины под шпиндельной бабкой; 3 — стола

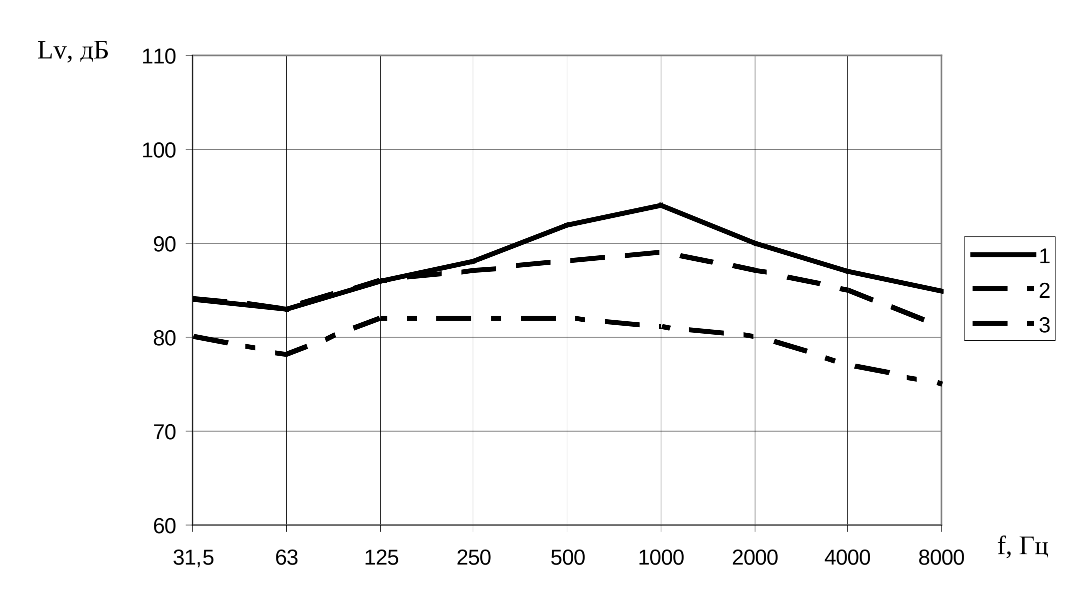


Рис. 8. Спектры вибраций двухшпиндельного станка: 1 — шпиндельной бабки; 2 — станины под шпиндельной бабкой; 3 — стола

Увеличение уровней вибраций в сравнении с холостым режимом составляет 3–5 дБ. У всех станков спектры вибраций корпусов шпиндельных бабок и станин практически идентичны спектрам шума. Максимальные уровни вибраций имеет стол восьмишпиндельного станка. Однако уровни вибраций стола на 10–15 дБ меньше, чем станины и, в особенности, корпуса шпиндельной бабки.

Заключение. Измерения виброакустических характеристик копировально-фрезерных станков показали, что основным источником шума, создающим превышения уровней звукового давления в рабочей зоне операторов, является корпус шпиндельной бабки. Повышенные уровни вибраций станины также вызываются воздействием вводимой вибрационной мощности от корпусов шпиндельных бабок. Влияние системы заготовка-стол в формирование звукового поля в рабочей зоне операторов незначительно.

Можно предположить, что основной причиной повышенного шума являются подшипники качения опор шпинделей. Замена их на подшипники скольжения практически невозможна из-за очень высоких частот вращения. Поэтому наиболее реальным способом снижения уровней звукового давления до санитарных норм является увеличение диссипативной функции самих корпусов шпиндельных бабок.

Библиографический список

1. Ли, А. Г. Экспериментальные исследования процесса гидрообеспыливания рабочей зоны круглопильных и ленточнопильных станков орошением туманом / А. Г. Ли, Г. Ю. Виноградова, А. Н. Чукарин // Вестник ДГТУ, Т.4, №4. — 2004. — С. 469–473.

2. Ли, А. Г. Реализация процесса гидрообеспыливания орошением туманом зоны пиления круглопильных и ленточнопильных деревообрабатывающих станков / А. Г. Ли // Техническая кибернетика, радиоэлектроника и системы управления: Тр. Всерос. науч. конф. — Таганрог : ТРТУ, 2004. — С. 340.

3. Виноградова, Г. Ю. Экспериментальные исследования виброакустических характеристик деревообрабатывающих станков / Г. Ю. Виноградова, А. Г. Ли, В. М. Цветков // Безопасность жизнедеятельности. — 2005. — №6.— С. 40–43.

4. Цветков, В. М. Экспериментальные исследования шума, вибрации и запыленности в рабочей зоне деревообрабатывающих станков фрезерной группы / В. М. Цветков, Б. Ч. Месхи // Безопасность жизнедеятельности, охрана труда и окружающей среды : межвуз. сб. науч. тр. — Ростов-на-Дону : РГАСМ, 2004. — Вып.8. — С. 107–108.

5. Цветков, В. М. Разработка методики оптимизации параметров процесса очистки воздуха от древесной пыли деревообрабатывающих станков фрезерной группы / В. М. Цветков // Технологическая кибернетика, радиоэлектроника и системы управления : тр. Всерос. науч. конф. — Таганрог : ТРТУ, 2004. — С. 346–347.

6. Месхи, Б. Ч. О расчете уровней шума в рабочей зоне операторов металло- и деревообрабатывающих станков фрезерной группы / Б. Ч. Месхи, А. Н. Чукарин, В. М. Цветков // Вестник ДГТУ. — 2004. — Т.4, №1. — С. 92–98.

7. Романов, В. А. Уточнение методов расчета вибрации шпиндельных бабок фрезерных и сверлильных деревообрабатывающих станков / В. А. Романов, А. Н Чукарин, Б. М. Флек // Вестник ДГТУ. — 2013, №1–2. — С. 86–92.

8. Булыгин, Ю. И. Повышение эффективности обеспыливания воздуха рабочих зон металлообрабатывающих и деревообрабатывающих производств / Ю. И. Булыгин, О. С. Панченко, В. А. Романов, О. В. Денисов // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2013, №7–8 — С. 49–57.

9. Романов, В. А. Экспериментальные исследования процесса очистки воздуха от древесной пыли в шаровом циклоне деревообрабатывающих станков модельной группы // Инновационные технологии в машиностроении и металлургии : V междунар. науч.-практ. конф. — Ростов-на-Дону, 2013. — С. 268–277.

10. Романов, В. А. Система пыле- и шумозащиты модельных деревообрабатывающих станков // Инновационные технологии в машиностроении и металлургии : V междунар. науч.-практ. конф. — Ростов-на-Дону, 2013. — С. 278–280.

References

1. Li, A.G., Vinogradova, G.Y., Chukarin, A.N. Eksperimental'nyye issledovaniya protsessa gidroobespylivaniya rabochey zony kruglopil'nykh i lentochnopil'nykh stankov orosheniyem tumanom. [Experimental studies on hydrodedusting of circular and band saws working site by mist irrigation.] Vestnik of DSTU, 2004, vol. 4, no. 4, pp. 469–473 (in Russian).

2. Li, A.G. Realizatsiya protsessa gidroobespylivaniya orosheniyem tumanom zony pileniya kruglopil'nykh i lentochnopil'nykh derevoobrabatyvayushchikh stankov. [The implementation of hydrodedusting process of circular and band saw woodworking machines by mist irrigation.] Tekhnicheskaya kibernetika, radioelektronika i sistemy upravleniya: Tr. Vseros. nauch. konf. [Technical cybernetics, radio electronics and control systems: Proc. All-Russian Sci. Conf.] Taganrog: TRTU, 2004, pp. 340 (in Russian).

3. Vinogradova, G.Y., Li, A.G., Tsvetkov, V.M. Eksperimental'nyye issledovaniya vibroakusticheskikh kharakteristik derevoobrabatyvayushchikh stankov. [Experimental studies on vibro-acoustic characteristics of woodworking machines.] Life Safety, 2005, no 6, pp. 40–43 (in Russian).

4. Tsvetkov, V.M., Meskhi, B.C. Eksperimental'nyye issledovaniya shuma, vibratsii i zapylennosti v rabochey zone derevoobrabatyvayushchikh stankov frezernoy gruppy. [Experimental studies on noise, vibration and dustiness in the operating area of woodworking milling machines.] Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti, okhrana truda i okruzhayushchey sredy: Mezhvuz. sb. nauch. tr . [Life safety, labor and environment protection: Interuniversity coll. sci. papers.] Rostov-on-Don: RGASM, 2004, iss.8, pp. 107–108 (in Russian).

5. Tsvetkov, V.M. Razrabotka metodiki optimizatsii parametrov protsessa ochistki vozdukha ot drevesnoy pyli derevoobrabatyvayushchikh stankov frezernoy gruppy. [Development of parameters optimization technique for cleaning air from wood dust of woodworking milling machines.] Tekhnologicheskaya kibernetika, radioelektronika i sistemy upravleniya. Tr. Vseros. nauch. konf. [Technological cybernetics, electronics and control systems: Proc. All-Russian Sci. Conf.] Taganrog: TRTU, 2004, pp. 346–347 (in Russian).

6. Meskhi, B.C., Chukarin, A.N., Tsvetkov, V.M. O raschete urovney shuma v rabochey zone operatorov metallo- i derevoobrabatyvayushchikh stankov frezernoy gruppy. [On calculation of noise levels in the work area of operators of metal- and woodworking milling machines.] Vestnik of DSTU, 2004, vol. 4, no. 1 (19), pp. 92–98 (in Russian).

7. Romanov, V.A., Chukarin, A.N., Flek, B.M. Utochneniye metodov rascheta vibratsii shpindel'nykh babok frezernykh i sverlil'nykh derevoobrabatyvayushchikh stankov. [Analysis technique refinement of spindle head vibration of milling and drilling woodworkers.] Vestnik of DSTU, 2013, vol. 13, no. 1–2 (70–71), pp. 86–92 (in Russian).

8. Bulygin, Y.I., Panchenko, Y.I., Romanov, V.A., Denisov, O.V. Povysheniye effektivnosti obespylivaniya vozdukha rabochikh zon metalloobrabatyvayushchikh i derevoobrabatyvayushchikh proizvodstv. [Increase of air dedusting effectiveness in functional zones of metal- and woodworking productions.] Vestnik of DSTU, 2013, vol. 13, no. 7–8 (75), pp. 49–57 (in Russian).

9. Romanov, V.A. Eksperimental'nyye issledovaniya protsessa ochistki vozdukha ot drevesnoy pyli v sharovom tsiklone derevoobrabatyvayushchikh stankov model'noy gruppy. [Experimental study on air purification process from wood dust in the spherical cyclone of woodworking pattern machines.] Innovatsionnyye tekhnologii v mashinostroyenii i metallurgii: V mezhdunar. nauch.–prakt. konf. [Innovative technologies in machine building and metallurgy: V Int. Sci.-Pract. Conf.] Rostov-on-Don, 11–13 September, 2013, pp. 268–277 (in Russian).

10. Romanov, V.A. Sistema pyle- i shumozashchity samodel'nykh derevoobrabatyvayushchikh stankov. [The system of dust and noise protection of pattern woodworking machines.] Innovatsionnyye tekhnologii v mashinostroyenii i metallurgii: V mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Innovative technologies in machine building and metallurgy: V Int. Sci.-Pract. Conf.] Rostov-on-Don, 11–13 September, 2013, pp. 278–280 (in Russian).

Поступила в редакцию 02.09.2016
Сдана в редакцию 02.09.2016
Запланирована в номер 30.09.2016

Received 02.09.2016
Submitted 02.09.2016
Scheduled in the issue 30.09.2016